

УДК 631.3

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИЛЫ, НЕОБХОДИМОЙ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПОСЕВНОЙ СЕКЦИИ ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ

Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Артемьев В.В.

Разработана гребневая сеялка, каждая секция которой оснащена лапой-сошником, двумя рабочими органами с плоскими дисками и катком. Гребневая сеялка позволяет одновременно выполнить предпосевную культивацию, высев семян, образовать над строчкой высеянных семян бугорок почвы и уплотнить его с трех сторон, а также окончательно сформировать гребень почвы с требуемыми размерами и плотностью почвы. Рассмотрен процесс формирования гребня почвы рабочими органами гребневой сеялки, а также теоретически обоснована сила, необходимая на перемещение посевной секции гребневой сеялки. В процессе исследований выявлено, что каждая посевная секция в процессе прямолинейного движения гребневой сеялки работает в «плавающем» режиме. Следовательно, вес посевной секции, с установленными на ней рабочими органами, на опорно-приводные колеса гребневой сеялки существенного влияния не оказывает, и им можно пренебречь. Вес грядила посевной секции, с установленными на нем лапой-сошником и двумя рабочими органами с плоскими дисками, приходится на опорное колесо посевной секции, а рыхление почвы лапой-сошником и стрелчатými лапами рабочих органов с плоскими дисками происходит без оборота пласта. Дополнительная вертикальная нагрузка, возникающая от сжатия пружины катка, равномерно распределяется на прикатывающие кольца (50 %) и сферические диски (50 %). Теоретические исследования процесса гребневого посева позволили выявить, что сила, необходимая на перемещение посевной секции гребневой сеялки, зависит от веса посевной секции, скорости ее перемещения, глубины хода лап-сошников и стрелчатых лап рабочих органов с плоскими дисками в почве, геометрических размеров колес, параметров рабочих органов, а также физико-механических свойств почвы.

Ключевые слова: технология, посев, гребневая обработка почвы, культивация, прикатывание.

Введение

В последнее время все большее распространение получают технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанные на уменьшении числа выполняемых технологических операций, замене отвальной обработки почвы безотвальной, прямом посеве возделываемых культур, масштабном применении гербицидов и комбинированных машин. Однако известно, что комбинированные машины и агрегаты не всегда обеспечивают выполнение агротехнических требований, предъявляемых к возделыванию сельскохозяйственных культур, особенно при их возделывании по гребневой технологии.

Несмотря на значительное количество научных изысканий, проблема энерго-, ресурсосбережения при возделывании пропашных культур остается актуальной. При этом традиционные технологии посева пропашных культур на ровную поверхность поля получили наибольшее распространение. Однако, благодаря проведенным исследованиям, выявлено, что наиболее перспективным является гребневой посев [1, 2, 3, 4, 5, 6], который позволяет обеспечить наилучшие температурные, водные и воздушные режимы, необходимые для прораста-

ния семян и дальнейшего развития возделываемых культур.

Проанализировав известные технологии подготовки почвы к посеву, а также гребневого посева пропашных культур, можно заключить, что гребни почвы, как правило, образуют до посева, ротационными и пассивными рабочими органами комбинированных почвообрабатывающих машин и орудий. Семена высевают в вершины гребней почвы пропашными сеялками. Раздельное выполнение вышеуказанных операций увеличивает энергозатраты на реализацию технологии, а также иссушает почву в результате многократных воздействий рабочих органов машин.

Объекты и методы исследований

Для практического осуществления предпосевной подготовки поля и посева пропашных культур по гребневой технологии нами разработана гребневая сеялка [7, 8, 9, 10, 11] (рис. 1), которая рыхлит почву, уничтожает сорняки, создает уплотненное ложе, высевает семена и формирует над ними гребень почвы с требуемыми размерами и плотностью почвы в нем за один проход. На каждой посевной секции гребневой сеялки установлены лапа-сош-

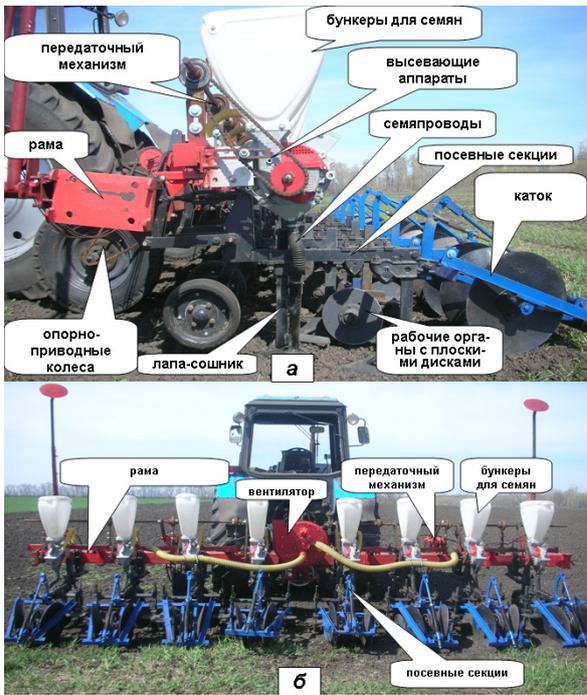


Рис. 1. Гребневая сеялка: а – вид сбоку; б – вид сзади

ник, два рабочих органа с плоскими дисками и каток (рис. 2).

При движении гребневой сеялки по полю стрельчатые лапы разрыхляют верхний слой почвы и подрезают сорняки, а также образуют уплотненное ложе для последующей укладки в него семян. Высевающие аппараты через семяпроводы направляют семена к высевающим трубкам лап-сошников, а высевающие трубки укладывают семена на влажное уплотненное лапой-сошником ложе на глубину 2...3 см. Почва, сходящая с крыльев стрельчатых лап, равномерно покрывает высеянные семена.

Рабочие органы с установленными на них плоскими дисками рыхлят почву и подрезают сорняки стрельчатыми лапами, а плоские диски насыпают на семена рыхлый и прогретый слой почвы, сдвигаемой из междурядий, образуя бугорок почвы над семенами с требуемыми размерами. При движении катка по бугорку почвы, сферические диски, которые установлены выпуклыми сторонами к середине бугорка и под острым углом к направлению движения сеялки, уплотняют боковые стороны бугорка почвы, а прикатывающиеся кольца, на которые оказывает дополнительное воздействие предварительно сжатая пружина, создают требуемую плотность в верхнем слое бугорка почвы и образуют заданную геометрическую форму гребня, представляющую собой трапецию с высотой 6...8 см. Давление прикатывающихся колец катка на верхнюю часть гребня почвы и уплотняющее действие сферических дисков на боковые стороны гребня почвы позволяет не только разрушить комки почвы, но также и сформировать на периферии гребня почвы рыхлый слой, который значительно снижает испарение влаги из почвы.

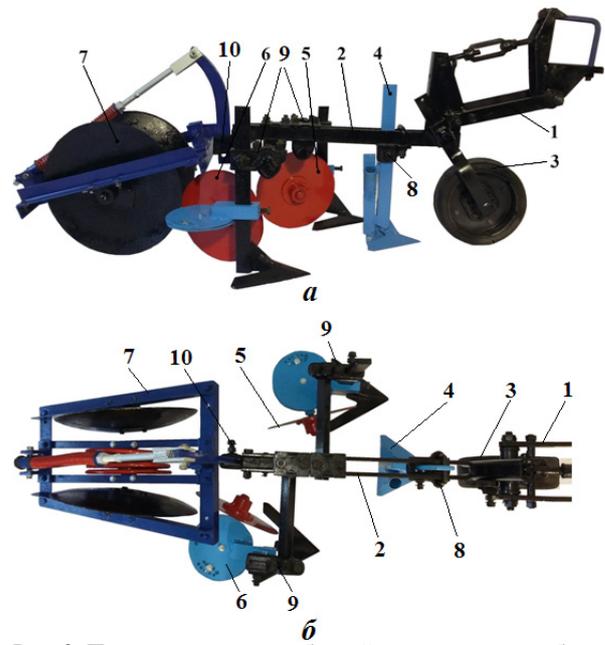


Рис. 2. Посевная секция гребневой сеялки: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – параллелограммный механизм; 2 – грядиль; 3 – опорное колесо; 4 – лапа-сошник; 5, 6 – рабочие органы с правым и левым плоскими дисками; 7 – каток; 8, 9, 10 – держатели

Результаты и их обсуждение

Каждая посевная секция в процессе прямолинейного перемещения гребневой сеялки работает в «плавающем» режиме, копируя рельеф поверхности поля в вертикальной плоскости. Следовательно, вес посевной секции, с установленными на ней рабочими органами, на опорно-приводные колеса гребневой сеялки существенного влияния не оказывает, и им можно пренебречь.

Предварительно необходимо учесть, что вес грядиля посевной секции, с установленными на нем лапой-сошником и рабочими органами, приходится на опорное колесо посевной секции, а рыхление почвы лапой-сошником и стрельчатыми лапами рабочих органов с плоскими дисками происходит без оборота пласта. Отбрасывание слоя почвы с оборотом в сторону линии высеянных семян осуществляют плоские диски рабочих органов, поэтому сила на перемещение посевной секции

$$T_{\text{пс}} = T_{\text{ок}} + \left[\begin{aligned} & f_{\text{сп}} G_{\text{гр}} + \\ & + k_{\text{сп}} (h_{\text{пос}} b_{\text{лс}} + n_{\text{лг}} h_{\text{г}} b_{\text{гр}}) + \\ & + \epsilon_{\text{сп}} \Pi_{\text{пд}} F_{\text{U/W/X/Vc}}^2 \end{aligned} \right] + T_{\text{к-г}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{ок}}$ – сила, необходимая на перемещение опорного колеса секции, Н;

$f_{\text{сп}}$ – коэффициент сопротивления перемещению посевной секции;

$G_{\text{гр}}$ – вес грядиля с установленными на нем лапой-сошником и рабочими органами с плоскими дисками, Н;

$k_{\text{сп}}$ – удельное сопротивление почвы при культивации, Н/м²;

$h_{\text{пос}}$ – глубина заделки семян лапой-сошником, м;

$b_{\text{лс}}$ – ширина лапы-сошника, м;

$n_{\text{лр}}$ – число стрелчатых лап рабочих органов с плоскими дисками;

$h_{\text{г}}$ – глубина рыхления почвы стрелчатой лапой рабочего органа с плоским диском, м;

$b_{\text{гр}}$ – ширина стрелчатой лапы рабочего органа с плоским диском, м;

$\varepsilon_{\text{сп}}$ – коэффициент пропорциональности, учитывающий сопротивление почвы при отбрасывании пласта, (Н·с²/м⁴);

$n_{\text{пд}}$ – число плоских дисков рабочих органов [12];

$F_{U/W/X}$ – площадь поперечного сечения борозды, образуемой каждым плоским диском при формировании бугорка почвы, м²;

$T_{\text{к-г}}$ – сила, необходимая на перемещение катка, Н.

Сила, необходимая на перемещение колеса посевной секции,

$$T_{\text{ок}} = 0,86 \sqrt[3]{\frac{G_{\text{ок}}^4}{q b_{\text{ок}} D_{\text{ок}}^2}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{ок}}$ – вес опорного колеса секции, Н;

$b_{\text{ок}}$ – ширина опорного колеса секции, м;

$D_{\text{ок}}$ – диаметр опорного колеса секции, м.

Площадь поперечного сечения борозды, м², образуемой каждым плоским диском при формировании бугорка почвы при угле атаки $\alpha_{\text{пд}}^{\text{п}}$, определим по формуле [13]:

по формуле [13]:

$$F_{U/W/X} = r_{\text{пд}} \left[\pi r_{\text{пд}} \frac{\theta_{\text{пд}}}{360^\circ} - \sin \frac{\theta_{\text{пд}}}{2} (r_{\text{пд}} - h_{\text{г}}) \right] \sin \alpha_{\text{пд}}^{\text{п}}$$

, (3)

Сила, Н, необходимая на перемещение катка [14]:

$$T_{\text{к-г}} = 0,86 n_{\text{к}} \sqrt[3]{\frac{(G_{\text{к}} + 0,5G_{\text{к-г}})^4}{q \pi r_{\text{ск}} D_{\text{к}}^2}} + f_{\text{сд}} (G_{\text{сд}} + 0,5G_{\text{к-г}}) + n_{\text{сд}} \left[\rho g H_{\text{Б}}^2 \text{ctg} \gamma \text{tg} (\gamma + \varphi_2) \left(\frac{D_{\text{сд}}}{4} + 2H_{\text{Б}} \text{ctg} \gamma \frac{\Omega}{360} \right) + K_{\text{сд}} H_{\text{Б}} r_{\text{сд}} + G^{\text{п}} \text{tg} \varphi_2 \right] + 2 \varepsilon_{\text{сп}} H_{\text{Б}} r_{\text{сд}} v_{\text{с}}^2, \quad (4)$$

Список литературы

- [1] Курдюмов В.И. Энергосберегающие средства механизации гребневого возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 1(21). - С. 144-149.
- [2] Курдюмов, В.И. Определение плотности почвы после прохода катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. - № 4. – С. 27-29.

После подстановки выражений (2), (3) и (4) в выражение (1) определим силу на перемещение одной посевной секции гребневой сеялки:

$$T_{\text{пс}} = 0,86 \sqrt[3]{\frac{G_{\text{ок}}^4}{q b_{\text{ок}} D_{\text{ок}}^2}} + \left\{ f_{\text{сп}} G_{\text{гр}} + k_{\text{сп}} (h_{\text{пос}} b_{\text{лс}} + n_{\text{лр}} h_{\text{г}} b_{\text{гр}}) + \varepsilon_{\text{сп}} n_{\text{пд}} v_{\text{с}}^2 \times \left[\pi r_{\text{пд}}^2 \frac{\theta_{\text{пд}}}{360} - r_{\text{пд}} \sin \frac{\theta_{\text{пд}}}{2} (r_{\text{пд}} - h_{\text{г}}) \right] \sin \alpha_{\text{пд}}^{\text{п}} \right\} + 0,86 n_{\text{к}} \sqrt[3]{\frac{(G_{\text{к}} + 0,5G_{\text{к-г}})^4}{q \pi r_{\text{ск}} D_{\text{к}}^2}} + f_{\text{сд}} (G_{\text{сд}} + 0,5G_{\text{к-г}}) + n_{\text{сд}} \left[\rho g H_{\text{Б}}^2 \text{ctg} \gamma \text{tg} (\gamma + \varphi_2) \left(\frac{D_{\text{сд}}}{4} + 2H_{\text{Б}} \text{ctg} \gamma \frac{\Omega}{360} \right) + K_{\text{сд}} H_{\text{Б}} r_{\text{сд}} + G^{\text{п}} \text{tg} \varphi_2 \right] + 2 \varepsilon_{\text{сп}} H_{\text{Б}} r_{\text{сд}} v_{\text{с}}^2.$$

, (5)

Следовательно, сила на перемещение посевной секции гребневой сеялки, зависит от веса посевной секции $G_{\text{гр}}$, скорости ее перемещения $v_{\text{с}}$, глубины хода лап-сошников $h_{\text{пос}}$ и стрелчатых лап рабочих органов с плоскими дисками $h_{\text{г}}$ в почве, геометрических размеров колес $b_{\text{опк}}$, $b_{\text{ок}}$, $D_{\text{ок}}$, параметров рабочих органов $b_{\text{лс}}$, $b_{\text{гр}}$, $r_{\text{пд}}$, $r_{\text{сд}}$, $\alpha_{\text{пд}}^{\text{п}}$, $\alpha_{\text{сд}}$, а так-

же физико-механических свойств почвы: q , $f_{\text{сп}}$, $k_{\text{сп}}$, $\varepsilon_{\text{сп}}$, γ и φ_2 .

Выводы

Формула (5) определяет соотношение между геометрическими параметрами рабочих органов, глубиной их хода в почве и скоростью перемещения. Силу, необходимую на перемещение посевной секции гребневой сеялки, а, следовательно, и затраты энергии, можно найти, зная конструктивные параметры и физико-механические свойства почв разных типов.

- [3] Курдюмов, В.И. Оптимизация параметров катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. - № 1. – С. 15-16.
- [4] Курдюмов, В.И. Универсальный каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. - № 3 (77). – С. 89-95.
- [5] Пат. 84663 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Сошник / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.В. Бирюков; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2008150959/22, заявл. 22.12.2008; опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20.
- [6] Пат. 82985 Российская Федерация, МПК А01С7/20. Сошник / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.В. Бирюков; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2008150958/22, заявл. 22.12.2008; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 14.
- [7] Пат. 2443094 Российская Федерация, МПК А01В79/02, А01Г1/00. Способ возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2010141211/13; заявл. 07.10.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
- [8] Пат. 2265305 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Способ посева пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2004109411/12; заявл. 29.03.2004; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34.
- [9] Пат. 2435353 Российская Федерация, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2010129256/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- [10] Пат. 2435352 Российская Федерация, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2010129255/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- [11] Пат. 108902 Российская Федерация, МПК А01В49/04. Секция сеялки-культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2011100230/13; заявл. 11.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28.
- [12] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 67–72.
- [13] Курдюмов В.И. Обоснование расположения рабочих органов с плоскими дисками по ширине секции гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. – № 3 (39). – С. 143-147.
- [14] Курдюмов В.И. Теоретическое обоснование силы, требуемой на перемещение катка гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. – № 3 (27). – С. 116-120.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF FORCE NEEDED TO MOVE THE SOWING SECTION OF THE PLANTER RAISED BED

Kurdyumov V.I., Zykin E.S., Artemyev V.V.

Developed by ridge planter, each section of which is equipped with paw-Coulter, two working bodies with flat discs and roller. Application of raised bed planter allows for simultaneous pre-sowing cultivation, sowing seeds, education on line sown seed tubercle of the soil, compaction of mound soil on three sides, and finally form a ridge of soil to the desired dimensions and density of soil in it. The article considers the process of formation of the crest of the soil working bodies of the planter raised bed, as well as in theory the force required to move one section of the raised bed seed planter. The research identified that each of the sowing section is in the process of rectilinear movement raised bed planter works in «floating» mode, therefore, the weight of the sowing section, with mounted working bodies, the support-drive wheels raised bed planter does not have significant influence and can be neglected. The weight of the frame sides of the sowing section, installed on the paw-opener and two working bodies with flat discs, have on the support wheel of the sowing section, and loosening the soil with a paw-coulter and sweeps the working bodies with flat discs occurs without a turnover of the reservoir. Additional vertical load of the compression of the spring roller, evenly distributed on the press ring (50 %) and spherical discs (50 %). Theoretical studies of the process of ridge for sowing allowed to reveal that the force required to move one of the sowing section of the planter raised bed, hanging from the weight of the seed section, the speed of displacement of the depth of the

tines and coulters of the Lancet paws working bodies with flat disks in the soil, the geometrical dimensions of the wheels, the parameters of working bodies, as well as physico-mechanical properties of the soil.

Keywords: *technology, planting, ridge tillage, cultivation, compaction.*

References

- [1] Kurdyumov V.I. Energy saving mechanization ridge cultivation of row crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - 2013. – № 1 (21). – Pp. 144-149.
- [2] Kurdyumov, V. I. Determination of density of soil after the passage of the rink-rotary cultivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Mechanization and electrification of agriculture. – 2007. - No. 4. – Pp. 27-29.
- [3] Kurdyumov, V.I. Optimization of parameters of the rink-rotary cultivator / V. I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Technique in agriculture. – 2007. - No. 1. – Pp. 15-16.
- [4] Kurdyumov, V.I. Universal rink-rotary cultivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, I.A. Sharonov // Bulletin of Altai state agrarian University. – 2011. - № 3 (77). – Pp. 89-95.
- [5] Pat. 84663 Russian Federation, IPC A01C7/20. Coulter / I.V. Kurdyumov, E.S. Zykin, I.V. Biryukov; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2008150959/22, Appl. 22.12.2008; publ. 20.07.2009, bull. No. 20.
- [6] Pat. 82985 Russian Federation, IPC A01C7/20. Coulter / I. V. Kurdyumov, E. S. Zykin, I. V. Biryukov; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2008150958/22, Appl. 22.12.2008; publ. 20.05.2009, bull. No. 14.
- [7] Pat. 2443094 Russian Federation, IPC A01B79/02, A01G1/00. The method of cultivation of tilled crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010141211/13; Appl. 07.10.2010; publ. 27.02.2012, bull. No. 6.
- [8] Pat. 2265305 Russian Federation, IPC A01C7/00. Method of planting row crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2004109411/12; Appl. 29.03.2004; publ. 10.12.2005, bull. No. 34.
- [9] Pat. 2435353 Russian Federation, IPC A01C7/00, A01B49/06. Ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010129256/13; Appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, bull. No. 34.
- [10] Pat. 2435352 Russian Federation, IPC A01C7/00, A01B49/06. Ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2010129255/13; Appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, bull. No. 34.
- [11] Pat. 108902 Russian Federation, IPC A01B49/04. Section of seeder-cultivator / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, I.A. Sharonov; applicant and patentee FGOU VPO «Ulyanovsk state agricultural Academy». No 2011100230/13; Appl. 11.01.2011; publ. 10.10.2011, bull. No. 28.
- [12] Analiz protsessa dvizheniya vozdukhа vnutri kozhukha botvoudalyayushchego rabocheho organa s obosnovaniem optimal'nogo ugla naklona nozhei / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.E. Kashirin // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2015. № 4 (28). S. 67–72.
- [13] Kurdyumov V.I. Justification of the location of the working bodies with flat discs at the section width of a raised bed planter / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - 2014. – № 3 (39). – Pp. 143-147.
- [14] Kurdyumov V.I. Theoretical justification of force required to move the rink raised bed planter / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - 2017. – № 3 (27). – Pp. 116-120.